

Teknosia

Jurnal Ilmiah Bidang Sains - Teknologi
Murni Disiplin dan Antar Disiplin

ISSN No. : 1978 - 8819

Vol. II, No. 10, Tahun VI, September 2012

- Added Influence "Oil Palm Coir Fiber" To Concrete Strength. 1
Oleh Mawardi, Teknik Sipil, UNIB

- Analysis of Traffic Accident Rate in Bengkulu. 10
Oleh Hardiansyah, Teknik Sipil UNIB

- Analisa Performa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas Merk *Caterpillar* Type G3516 pada Kondisi Beban Puncak (Studi Kasus di PT. Pertamina EP Region Area Prabumulih-Sumatera Selatan) 18
Oleh Angky Puspawan, Teknik Mesin UNIB

- Analisis Curah Hujan untuk Pendugaan Debit Puncak dan Pengaruhnya terhadap Sedimentasi pada Sub Das Susup Kabupaten Bengkulu Tengah 26
Oleh Decka Ronald Putra, Khairul Amri dan Muhammad Ali, Teknik Sipil UNIB

- Pengenalan Pola Aksara KA-GA-NGA dengan Metode *Learning Vector Quantization* (LVQ) 38
Oleh Naimah Lubis, Edy Hermansyah dan Desi Andreswari, Teknik Informatika UNIB

- Design Spesial Maintenance Bangunan Daerah Irigasi Way Rilau Lampung Selatan 48
Oleh Besferi, Teknik Sipil UNIB

- Analisis Curah Hujan untuk Pendugaan Debit Puncak dan Pengaruhnya terhadap Sedimentasi pada Sub-Das Lemau Kabupaten Bengkulu Tengah 56
Oleh Afrizal Farianto dan Khairul Amri, Teknik SIPIL UNIB

- Perancangan Pengendali Gerbang Otomatis Berbasis Mikro controller Menggunakan Fasilitas GSM pada Telepon Seluler 69
Oleh Alex Surapati, Teknik Elektro UNIB

Diterbitkan Oleh :

Fakultas Teknik - Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun Bengkulu 38123

Telp. : (0736) 21170, 344067 Fax. : (0736) 22105 E-mail: teknosia@yahoo.com

7. Pada perhitungan angka kecelakaan untuk *spot* di jalan raya didapatkan angka tertinggi untuk daerah yang paling sering mengalami kecelakaan yaitu daerah Jalan Salak dengan nilai 55,618 dan terendah terjadi di Jalan Mayjen Sutoyo yaitu dengan nilai 28,661

5.2 SARAN

1. Perlu adanya penelitian selanjutnya mengenai program yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam analisis angka kecelakaan ini.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih mendalam terhadap angka kecelakaan, baik dari

pendataan maupun hubungannya dengan geometrik jalan

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Munawar, A., 2009. **Manajemen Lalulintas Perkotaan**. Beta Offset: Jogjakarta.
- [2]. Putranto, S.L., 2008. **Rekayasa Lalu-lintas**. Indeks: Jakarta.
- [3]. Soetijowarno, D dan Frazila R.B., 1998. **Pengantar Rekayasa Dasar Transportasi**. Jurusan Teknik Sipil : Universitas Katolik Soegijapranata.
- [4]. Undang-undang No. 22 Tahun 2009 **Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan**.

ANALISA PERFORMA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS MERK *CATERPILLAR TYPE G3516* PADA KONDISI BEBAN PUNCAK (Studi Kasus di PT. Pertamina EP Region Area Prabumulih-Sumatera Selatan)

Angky Puspawan

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Jln. W.R. Supratman. Kandang Limun Bengkulu 38371A

angkypuspawan@yahoo.com

ABSTRACT

Power Plant Caterpillar G3516 is a power station which use natural gas fuel and it is also used to supply electricity energy at one oil boring company and offices. For that understanding, the performance of power plant is very important to be optimized and having long life. This report is focused on the performance of power plant to observe influence axis speed of machine with measurement Generator Actual Power, Torque, Brake Mean Effective Pressure (BMEP), Brake Specific Fuel Consumption (BSFC), and Thermic Efficiency (η_{th}). With used otto cycles as model to know the performance of this power plant known. The G3516 Caterpillar Genset has same system as internal combustion otto engine 4-Stroke have sparkplug as ignitor, carburetor, and inlet valve and outlet valve. This machine has cylinder type V as many as 16 with 4-Stroke cycles. The observations are to axis speed (n) 1300, 1400 and 1500 rpm. The results are at n=1300 rpm, power (P) 607.2 kW, Torque (T) 4.46 kNm, flow rate (\dot{m}) 0.0264 kg/s, Brake Mean Effective Pressure (BMEP) 811.85 kPa, Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) $15624 \cdot 10^{-5}$ kg/kWh, and efficiency (η_{th}) 51.85 %. At n=1400 rpm, The power (P) 607.2 kW, Torque (T) 4.14 kNm, flow rate (\dot{m}) 0.0296 kg/s, Brake Mean Effective Pressure (BMEP) 753.6 kPa, Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) $17532 \cdot 10^{-5}$ kg/kWh, and efficiency (η_{th}) 46.49 %. On n=1500 rpm, The power (P) 607.2 kW, Torque (T) 3.86 kNm, flow rate (\dot{m}) 0.0324 kg/s, Brake Mean Effective Pressure (BMEP) 702.63 kPa, Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) $19188 \cdot 10^{-5}$ kg/kWh, and efficiency (η_{th}) 43.29 %. From observation above, we know that on the condition maximum load namely axis speed 1300 rpm, 1400 rpm, and 1500 rpm, result in the highest Thermic Efficiency is at axis speed 1300 rpm as many as 51.85%.

Keywords : power plant G3516, axis speed, performance

PENDAHULUAN

Powerplant berbahan bakar gas alam merupakan salah satu alat yang penting di PT. Pertamina EP Region Sumatera Area Prabumulih. *Powerplant* berbahan bakar gas tersebut berfungsi sebagai sumber energi atau tenaga utama yang menggerakkan mesin-mesin seperti pompa dan juga untuk mengaliri kebutuhan akan listrik pada PT. Pertamina EP Region Sumatera. Karena itu adanya gangguan pada *powerplant* ini tentu saja menyebabkan performa dari *powerplant* itu

sendiri menjadi berkurang atau tidak optimal lagi. Dimana peran dari *powerplant* itu sendiri merupakan alat yang sangat vital dalam kegiatan eksploitasi minyak ini sendiri. Sedangkan tiap harinya perusahaan menargetkan kegiatan pengeksplotasian minyak sebesar-besarnya. Oleh karena itu melihat dari sisi peranan pembangkit sangat vital ini, maka berkesimpulan untuk pembahasan tertuju pada analisa performa sistem pembangkit listrik tenaga gas khusus dengan merk *caterpillar type G3516* disaat

kondisi operasi.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

2.1.1 Prinsip Kerja PLTG

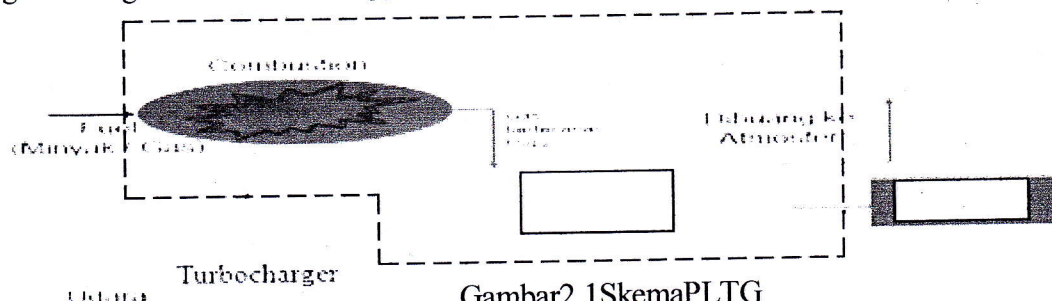
Secara garis besar prinsip kerja PLTG yang menggunakan turbin maupun torak adalah sama. Dimana udara luar dihisap oleh *compressor* ataupun *turbocharger*. Namun pada Genset Caterpillar G3516 ini memiliki *turbocharger* untuk menambah jumlah massa jenis udara masukkan yang akan dialirkan ke *combuster*/ruang bakar nantinya, demikian juga dengan bahan bakar yang dipompa oleh pompa bahan bakar menuju *combuster* juga. Pada *combuster* terjadi pertemuan antara udara, bahan bakar dan panas yang ditimbulkan oleh *ignitor* sehingga terjadi pembakaran. Dari hasil pembakaran menghasilkan energi dalam yang kemudian energi dalam tersebut mendorong torak tipe V bergerak secara translasi dan juga memutar generator karena satu poros dengan *crankshaft* sehingga timbulah listrik. Dari *flowdiagram* dibawah dapat diambil kesimpulan bahwa pada PLTG menggunakan Siklus Terbuka (*Open Cycle*), karena gas yang telah digunakan untuk menggerakkan

torak langsung dibuang ke *Stack* atau dimanfaatkan sebagai pemanas awal pada PLTGU. Dengan menggunakan analisa termodinamika dapat digunakan siklus Otto, pada siklus ini ada 2 proses isokhorik dan 2 proses isentropik.

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa dimulai dari udara yang dihisap oleh *turbocharger* dan bahan bakar diubah menjadi energi dalam. Energi dalam yang dihasilkan dari proses pembakaran digunakan untuk menggerakkan torak sehingga pada langkah ini ada perubahan energi dari energi dalam menjadi energi mekanik. Karena torak yang terhubung dengan *crankshaft* dan generator satu poros maka pada saat *crankshaft* berputar maka generator juga ikut berputar sehingga menghasilkan energi listrik, pada *step* ini terjadi perubahan energi yaitu dari energi mekanik menjadi energi listrik. Sesuai dengan prinsip kerja dari PLTG maka proses pembangkitan pada PLTG memiliki komponen utama, yaitu:

Komponen Utamadari PLTG :

1. Kompresor atau Turbocharger
2. Ruang bakar(*combuster*)/ *Burner Chamber*
3. Turbin / Torak
4. Generator



Gambar 2.1 Skema PLTG

Tabel 2.1 Spesifikasi *Caterpillar G3516*

G3516 LE Standby Power Gas Generator Sets — 1800 rpm		
Power Rating — 0.6 Hz — without Fan	kW/kVA	1040/1300
Generator Frame Size		693
Engine Lubricating Oil Capacity	gal	106
System Backpressure (Max. Allowed)	in water	27
Exhaust Flange Size — (Internal Diameter)	in	7.1
Length	in	102.5
Width	in	40.8
Height	in	79.2
Shipping Weight	lbs.	20,560
Engine Coolant Capacity with Radiator	gal	
Max. Load Fuel Consumption (100% load) with Fan per ISO 8545 L — 45% — 40% tolerance	BTU/hp-hr	7809
Motor Starting (15% voltage dip)	kVA (volts)	2528 (1400)
Combustion Air Inlet Flow Rate	ft ³ /min	34.45
Exhaust Gas Flow Rate (at stack temp)	ft ³ /min	2501.1
Heat Rejection to Aftercooler	BTU/min	9246
Heat Rejection to Exhaust (total)	BTU/min	54,853
Heat Rejection to Jacket Water (total)	BTU/min	58,557
Heat Rejection to Atmosphere from Engines	BTU/min	7156
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	BTU/min	2021
Exhaust Gas Stack Temperature	Deg F	560
Decorations for Engine Altitude — 3.3% per 100 feet above 2000 per 10 ft above	ft Deg F	4880 77

* Note: For permitting use IML data.

2.1.2 Klasifikasi Mesin Gas

2.2.2 Motor Bakar Gas Caterpillar G3516

Motor bakar CAT G3516 adalah merupakan salah satu tipe dari produk *CATERPILLAR*, dimana motor bakar ini berbahan bakar gas alam dengan jumlah silindernya 16 buah. Motor bakar gas tipe ini termasuk dalam motor bakar empat langkah dan biasanya digunakan untuk menggerakkan pompa torak yang nantinya akan digunakan untuk memompa *crude oil* (minyak mentah) dari stasiun ke stasiun lainnya. Selain itu juga digunakan untuk kebutuhan akan listrik yang ada di wilayah Pertamina EP Region Sumatera.

Pada motor bakar ini menggunakan bahan bakar gas alam dimana pada mesin

ini menggunakan *turbocharger* sebagai penambah tekanan udaramasuk. Gas yang berasal dari alam dalam hal ini yang dihasilkan oleh PT. PERTAMINA dialirkan ke mesin melalui pipa dan mengalir menuju *line pressure regulator* yang bertujuan untuk menstabilkan tekanan gas yang akan masuk ke dalam karburator. Sedangkan udara yang masuk dari *aircleaner* dihisap dan ditekan oleh *turbocharge* yang digerakkan oleh gas buang (setelah mesin hidup), masuk ke dalam karburator melalui lubang udara sehingga bercampur dengan gas. Kemudian campuran gas dan udara ini dari karburator mengalir menuju *aftercooler*, dan masuk ke dalam silinder melalui *intake manifold*. Setelah campuran bahan bakar gas dan udara terbakar dalam ruang pembakaran, gas hasil

pembakaran dibuang melalui *exhaust manifold*.

2.2.2.1 Turbocharger

Turbocharger berfungsi untuk memperbesar tekanan udara yang masuk menuju karburator sehingga daya mesin dapat bertambah. *Turbocharger* biasanya dipasang dilubang keluar pada *exhaust manifold* mesin. Suatu mesin dalam keadaan normal biasanya dapat mengalami *losses* dari gas buang yang ada, tetapi jika menggunakan *turbocharger* maka mesin lebih efisien. Prinsip kerjanya sederhana, yakni pada saat mesin dihidupkan, aliran gas yang keluar dari *exhaust manifold* langsung dialirkan melalui inlet menuju roda turbin. Roda turbin dan compressor impeller bersama-sama dipasang pada satu poros. Akibat dari tekanan gas buang yang tinggi, maka roda turbin dan compressor berputar. Udara yang masuk dari *air cleaner*, melalui inlet menuju ke bagian tengah dari kompresor. Putaran kompresor menghisap udara dan mendorongnya masuk kedalam karburator. Bantalan yang berada *turbocharger* mengalami pelumasan tekan oleh minyak pelumas. Oli masuk melalui port dan langsung mengalir melalui saluran-saluran untuk melumasi bagian-bagian yang berada pada *turbocharger*. Campuran bahan bakar gas dan udarater bakar dalam ruang pembakaran, gas hasil pembakaran dibuang melalui *exhaust manifold*.

Untuk membentuk campuran bahan bakar gas dan udara diperlukan alat yang dinamakan karburator. Karburator itu harus sanggup melayani pemberian campuran udara dan bahan bakar gas ke dalam ruang silinders esuai dengan beban dan kecepatan yang diminta. Maka dari itu peranan karburator adalah :

1. Mengatur pemasukan bahan bakar gas dan udara ke dalam saluran hisap
2. Mengatur bahan bakar gas dan udara secara merata yang akan masuk ke dalam mesin melalui intake manifold

2.6 Rumus-rumus Dasar

1. Daya Generator

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

2. Torsi

$$T = P / \omega$$

3. Tekanan Efektif Rata-rata/Brake Mean Efektif Pressure (BMEP)

$$BMEP = (T \cdot \eta \cdot C_2) / V$$

4. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik / Brake Spesifik Fuel Consumption (BSFC)

$$m = \rho_{\text{gasalam}} \times 50 \dot{V} \times A$$

$$m = \rho_{\text{gasalam}} \times q$$

$$q = \frac{cx24x\sqrt{DIFF} \times STC + 14,73 \text{ Psi}}{1000000}$$

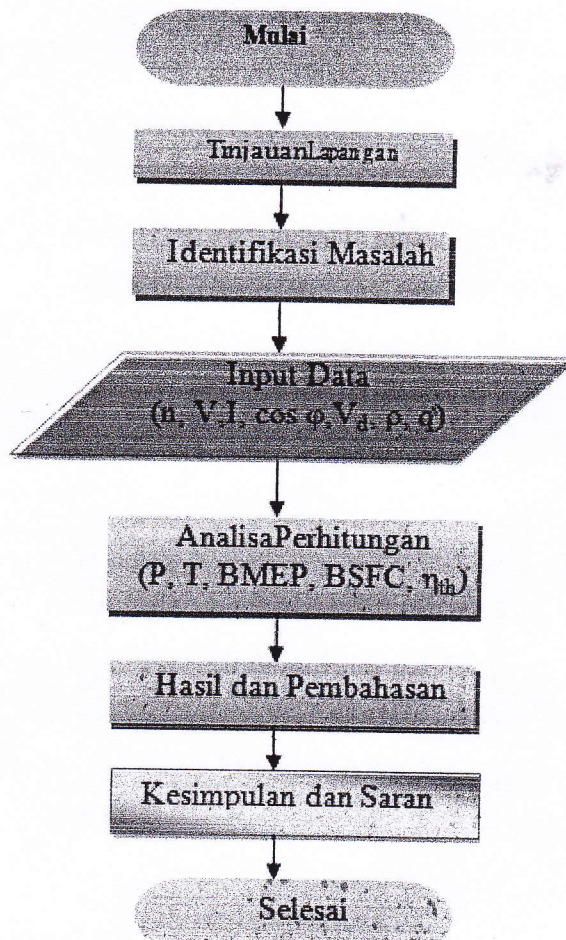
$$BSFC = M/P$$

5. Efisiensi Thermis (η_t)

$$Q_{in} = LHV \times q$$

$$\eta_{th} = \frac{\text{Energi output}}{\text{Energi input}} \times 100\%$$

3. METODE PENELITIAN



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

Tabel 3.1 Titik pengukuran harian sistem

No	T	Data Harian
1	Hasil Pengamatan Pertama	$n = 1300 \text{ rpm}$ $V = 6600 \text{ Volt}$ $I = 115 \text{ Ampere}$ $\cos \phi = 0,8$ $q = 121,76 \text{ m}^3/\text{hour}$ $T = 171^\circ \text{F} (77,22^\circ \text{C})$
2	Hasil Pengamatan Kedua	$n = 1400 \text{ rpm}$ $V = 6600 \text{ Volt}$ $I = 115 \text{ Ampere}$ $\cos \phi = 0,8$ $q = 135,92 \text{ m}^3/\text{hour}$ $T = 199^\circ \text{F} (92,78^\circ \text{C})$
3	Hasil Pengamatan Ketiga	$n = 1500 \text{ rpm}$ $V = 6600 \text{ Volt}$ $I = 115 \text{ Ampere}$ $\cos \phi = 0,8$ $q = 145,83 \text{ m}^3/\text{hour}$ $T = 211^\circ \text{F} (99,44^\circ \text{C})$

Selanjutnya hasil yang kita dapatkan, dimuat dalam tabel dan grafik di bawah ini untuk melihat hasil perbandingannya.

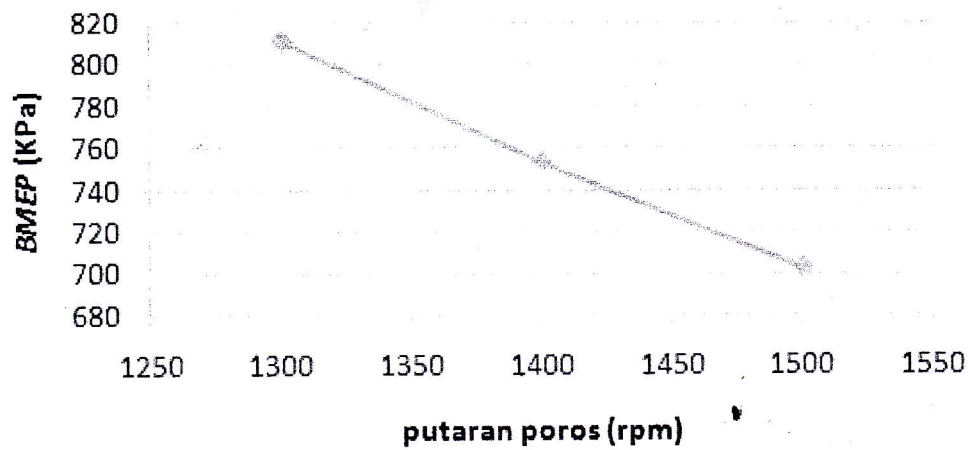
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil peninjauan lapangan yang telah dilakukan dan pengolahan data yang dilakukan selama melakukan kerja praktek di PT PERTAMINA EP Region Sumatera, maka dapat dianalisa bahwa kegiatan *preventive maintenance* atau perawatan berkala yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang fatal pada mesin sangatlah penting untuk dilakukan. Hal ini disebabkan oleh apabila sebuah mesin yang beroperasi, dan tidak diberikan *preventive maintenance*, maka mesin tersebut bisa segera rusak dan tidak dapat beroperasi lagi. *Breakdown maintenance* sudah lama tidak dipakai oleh perusahaan yang ada saat ini, karena *breakdown maintenance* sangatlah tidak menguntungkan, dan malah dapat mengakibatkan kerugian yang amat besar apabila produksi dihentikan dikarenakan mesin yang rusak.

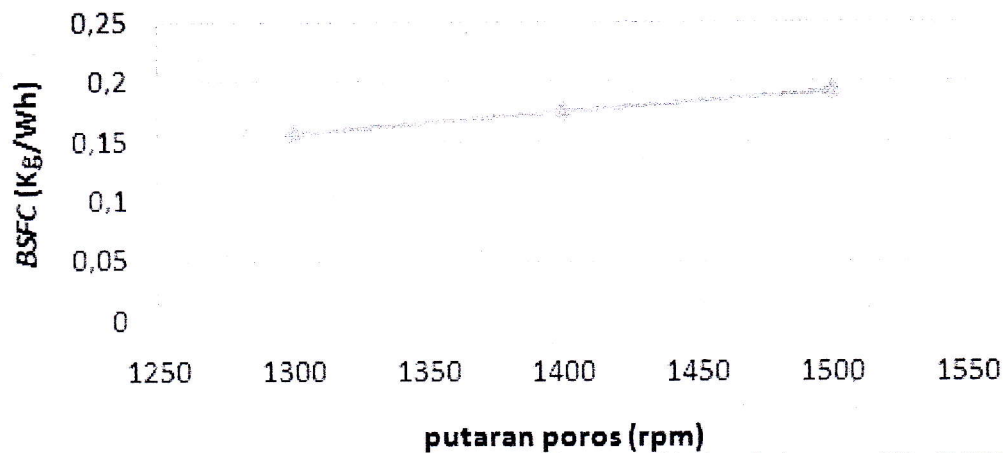
Dari hal inilah kami bermaksud untuk menganalisa performa sistem pembangkit listrik tenaga gas *Caterpillar G3516* pada beban puncak yang terjadi pada saat *Power Plant* Berbahan Bakar Gas *Caterpillar G3516* terhubung secara paralel untuk menambah Daya dan berbagi beban dari mesin itu sendiri.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Genset G3516

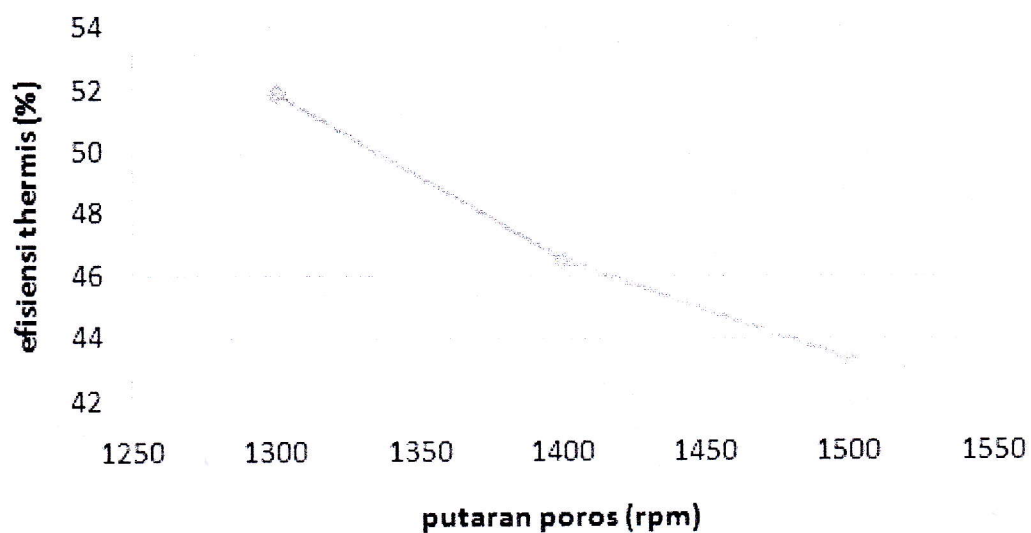
No	N(Rpm)	P(kW)	T(kNm)	(kg/s)	BMEP (kPa)	BSFC (kg/kWh)	(%)
1	1300	607,2	4,46	0,0264	811,85	$15624 \cdot 10^{-5}$	51,85
2	1400	607,2	4,14	0,0296	753,6	$17532 \cdot 10^{-5}$	46,49
3	1500	607,2	3,86	0,0324	702,63	$19188 \cdot 10^{-5}$	43,29



Gambar 4.1 Grafik putaran poros terhadap tekanan efektif rata-rata (BMEP)



Gambar 4.2 Grafik putaran poros terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC)



Gambar 4.3 Grafik putaran poros terhadap efisiensi thermis

Adapun hasil dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa untuk grafik Putaran Poros terhadap Tekanan Efektif Rata-rata (BMEP), semakin tinggi Putaran Poros (n) maka Tekanan Efektif Rata-rata (BMEP) yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal itu dikarenakan Torsi (T) atau Gaya tiap satuan jarak yang dihasilkan pun semakin menurun. Karena dari rumus Torsi (T) itu sendiri yaitu dimana Daya (P) yang didapat dibagikan dengan Kecepatan Sudut (ω). Sedangkan Kecepatan Sudut (ω) sendiri berbanding lurus dengan kecepatan poros mesin (n).

Sedangkan pada Gambar 4.2 Putaran Poros terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC) dapat diamati bahwa Putaran Poros berbanding lurus dengan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik. Hal itu tentu saja dikarenakan semakin cepat Putaran Poros (n) pada mesin maka bahan bakar yang disuplai atau debit (q) yang dialirkan pun akan semakin banyak dibutuhkan untuk proses pembakaran dalam ruang bakar, sehingga gerakan torak pun akan semakin cepat. Semakin cepat gerak torak berarti semakin cepat pula kecepatan putaran poros tersebut.

Untuk Gambar 4.3 putaran Poros (n) terhadap Efisiensi Termis (η_{th}), dapat kita amati bahwa semakin tinggi Putaran Poros (n) maka Efisiensi Termis (η_{th}) yang dihasilkan akan semakin rendah. Hal itu terjadi karena Efisiensi Termis (η_{th}) berbanding terbalik dengan kalor masuk (Q_{in}). Dimana kalor masuk (Q_{in}) itu sendiri berbanding lurus

dengan debit aliran fluida yang masuk (q). Sehingga banyak kalor yang tidak dapat diserap dengan baik atau dalam artian terdapat rugi-rugi panas, rugi gesekan, dan juga rugi getaran seiring dengan meningkatnya kecepatan putaran poros.

Jadi dari hasil analisa dan pengamatan di lapangan maka nilai rate speed yang sesuai untuk Genset Caterpillar G3516 ini adalah berkisar 1300 rpm karena selain memiliki efisiensi yang cukup tinggi, tingkat kestabilan pun juga tinggi (mesin tidak terlalu menghasilkan getaran yang tinggi), dan mesin tidak terlalu cepat panas, juga mesin akan lebih ekonomis, karena memiliki konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) yang juga lebih sedikit. Sehingga dari hal ini maka dapat mencegah kerusakan mesin yang berarti dan memperpanjang umur genset. Sedangkan keadaan yang ada di lapangan pihak teknis *power plant* Pertamina sering sekali menjalankan mesin pada *rating speed* 1400 rpm dan 1500 rpm. Ini akan sangat merugikan sekali karena dapat merusak komponen mesin dalam dan juga mempercepat umur pemakaian.

KESIMPULAN

1. *Powerplant* Berbahan Bakar Gas G3516 merupakan pembangkit listrik tenaga gas yang memiliki fungsi sebagai penyuplai daya untuk kegiatan produksi PT. Pertamina EP Region Sumatera dengan cara diparalelkan sebanyak 8

genset untuk menambah daya dan berbagi beban. Namun untuk bisa disinkronkan genset tersebut harus memiliki frekuensi, fasa, dan teganganyangsama.

2. Dari hasil perhitungan analisa performa *powerplant* dapat diketahui bahwa Daya bukanlah satu-satunya acuan untuk mendapatkan sebuah mesin yang baik dilihat dari Torsi, *BMEP*, *BSFC* dan efisiensinya.
3. Semakin tinggi Putaran Poros (n) maka semakin rendah Tekanan Efektif Rata-rata(*BMEP*) yang dihasilkan. Namun dengan semakin tinggi Putaran Poros (n) maka Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*BSFC*) yang diperlukan semakin meningkat pula karena semakin banyak

energy yang harus dibakar untuk menghasilkan kecepatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Perkin, W., 1996. **Termodinamika Teknik**, Edisi ke-6, PT. Erlangga. Jakarta.
- [2]. Yunus, C., 2007. **Thermodynamic**, Edisi ke-5, Mc-Grawhill, New York.
- [3]. Arisminandar, W., 2006. **Turbin Gas dan Sistem Propulsi**, PT. erlangga, Jakarta.
- [4]. Zuhail, 1988. **Dasar Teknik tenaga listrik dan Elektronika Daya**, Gramedia, Jakarta.
- [5]. Caterpillar, 2005. **Buku Petunjuk pengoperasian dan Perawatan, SEBUSA**.